仕様書

1．件名

遠隔技術基盤の高度化に向けた遊泳調査ロボットの技術開発 (長尺ケーブル処理装置の製作)

2．概要・目的

福島第一原子力発電所事故における事故収束対応においては、作業環境の特殊性のため高度な遠隔技術の適用が必要となる。今後の燃料デブリ取り出し作業に向けての作業においても遠隔技術を効果的に用いることが有効であり、そのためにも、遠隔装置開発のための技術基盤を確立しておくことが重要となる。さらに、当該技術の基盤を確立しておくことは、原子力発電所の廃止措置のための技術開発にも資するものである。

遠隔ロボット技術としては、災害等で作業員の立ち入りが困難となった室内空間の調査にクローラ型遠隔移動調査ロボット等の適用の実績がある。原子力発電プラントにおいては、水中で近づくことができないような環境で、かつ、構造物により狭隘空間となっているなど、アクセスが困難な箇所も存在するなど原子力プラント特有の特殊性を有する。特に、福島第一原子力発電所の事故収束に際しては、このような水中等で狭隘な空間における調査や作業が要求される。上述の目的のためには、水中部等の調査対象箇所へのアクセスの自由度が高いと考えられる遊泳調査ロボットの適用が有効である。しかしながら、複雑な閉空間で GPS を利用した位置計測ができない環境における遠隔操作は容易ではなく、遊泳技術を適用可能なものとするためには、自己位置検知技術、長尺ケーブル処理技術などの遠隔技術の高度化開発が必要である。

そこで本件では、作業員の立ち入りが制限された上述のような環境においても適用可能とするため、遠隔操作により水中等の状況を調査のための遊泳調査ロボットに必要な長尺ケーブル処理の要素技術を開発する。これにより、遠隔技術基盤を高度化するとともに、福島第一原子力発電所の事故収束のみならず、国内外の将来の原子力施設の廃止措置や安全基盤の強化等に幅広く役立てることを目的とする。

3．実施内容

水没部の水漏えい箇所等の調査のためには水上および水中移動機構を用いるが、その操作のためには移動機構に信号等を伝送するケーブルを接続する必要がある。複雑な構造物を有し、かつ狭隘な作業環境化では長尺なケーブルの操作技術の確立が移動機構の操作の成否の鍵となる。特に、高放射線環境下では、人による長尺ケーブル操作に制約が生じるため遠隔操作が必要になる。

本件では、水上移動機構の長距離遊泳を可能とするための遠隔操作長尺ケーブル処理機構を製作する。製作した長尺ケーブル処理装置は別途製作する水上調査ロボットに搭載して機能検証のための実証実験を実施する。

実証実験は福島第一原子力発電所 1 号機原子炉建屋の地下階トーラス室内にたまっている水の水面を航行させて行う。航行ルートは原子炉格納容器外側壁とサプレッションチェンバ(圧力抑制室、以下 S/C という)の隙間となり、航行するにつれてケーブルが格納容器壁面を擦りながら巻きつく形となる。また、原子炉建屋 1 階床を穿孔してトーラス室に投入するが、水面までにはケーブルが擦れて抵抗となる構造物が多く存在する。

ケーブル処理装置の方式として地上側でケーブルを送り出し・巻き取りを行うものと、移動装置側に搭載してケーブルを送り出し・巻き取りを行うものの 2 種類が考えられ、前者は移動装置がケーブルを牽引しながら進むものであり、後者はケーブルそのものは進行方向に対して移動しない方式となる。今回の実証実験場所の場合、ケーブルが接触する部位が多くなること、接触部位の状況(形状、表面粗さ等)が不確定であることを考慮すると、地上設備方式より移動装置搭載型とすることが有利と考えられる。また、この場合、水面を浮かぶロボットの積載性能を考えるとロボットはバッテリ駆動とし、ケーブルは信号伝達のみの光ファイバケーブルとすることが望ましい。

以上より、本件で開発する長尺ケーブル処理装置は移動装置搭載型とし、光ファイバケーブルで信号授受を行うものとする。そのため、左記装置を検証するための水上調査ロボットはバッテリ内蔵型とする。実証試験におけるコンフィギュレーションを図 1 長尺ケーブル処理技術の実証試験コンフィギュレーション (計画)に示す。

上記を受けた本件の実施項目の詳細を以下に示す。

3.1 適用対象

高線量環境下のため作業員の立ち入りが制限される建物内部の気中領域。なお、ケーブルは水中領域に適用する。

3.2 環境条件

(1) 温度環境は以下のとおりとする。

最高温度: 40 ℃

最低温度: 0 ℃

(2) 耐放射線性を有すること。

瞬間線量率: 20 Gy/h

集積線量率: 200 Gy (目標値)

(3) 水中透明度は以下のとおりとする。

透明度: 600 mm 程度

(4) トーラス室内の水位は以下のとおりとする。

水位: OP. 4000 mm 以下 (S/C 中心が OP. 3570)

3.3　製作する装置の概要

本件で製作するのは、水上ロボットシステムの水上ロボット部と地上コンソール部を接続するデータ送受信ケーブルの処理装置であり、水上ロボットの航行に合わせてケーブルが弛みすぎたり突っ張ったりしないように遠隔で送り出し・巻き取りを行える装置である。装置は別途製作する水上調査ロボットの本体に搭載され、ロボットの Ethernet ケーブルの間に 100m の光ファイバケーブルを接続し、その光ファイバケーブルの送り出し・巻き取りを行うものである。

水上調査ロボット本体および操作コンソールも含む全体システムの構成を図 2　水上調査ロボットの構成に示す。

3.4　製作する装置の要求仕様

3.4.1　長尺ケーブル処理装置（水上ロボット搭載部）

(1) 形状・構造

① 狭隘部を航行しても引っかからないように、突起部を極力なくすこと。

② 投入・回収装置に収納した状態で構造物に当たりながら投入・回収するときに損傷しないような形状とし、十分な強度を有すること。

③ 水中に物を落下させないように、外れる可能性のある部位には極力落下防止措置を講ずること。

(2) 寸法・質量

① 質量:　6 kg 以下
　　ただし、できる限り軽量化に努めること。

② 寸法:　幅 0.25 m、奥行 0.25 m、高さ 0.15 m 程度以下

(3) ケーブル

① 種別:　光ファイバケーブル (35℃の真水に浮く比重とすること)

② 長さ:　100 m 以上

③ 強度:　静的引張強度 500 N 以上 (目標)

④ 剛性:　絡みにくいように適度な剛性をもたせること。

⑤ 色:　視認性の良い色を使用すること。

(4) ケーブルリール

① 搭載する水上調査ロボットの動きに合わせてケーブルの送り出し、巻き取り動作ができること。

② 送り出し、巻き取り動作は、安全領域に設置する水上調査ロボットの操作コンソールから捜査員が遠隔で制御できること。

③ 送り出したケーブルが水上調査ロボットに張力を掛けないようにフリー状態にできること。

④ リールにケーブルを整列・多層巻きができること。送り出し・巻き取り動作によってドラムにまかれたケーブルが緩まないこと。(シフタやパワーシーブなどを設けること)

⑤ ケーブルの出る方向が変わっても対応できるようにガイドローラなどを設けること。

⑥ 以下の状態を検知し、地上側に接続されている PC 内のプログラムに送信できること。(PCは製作範囲外)・リール回転方向

・リール回転速度、ケーブル送り出し・巻き取り速度

・ケーブル送り出し量 (任意の位置で 0 リセットできること)

(5) メディアコンバータ

水上調査ロボット本体と Ethernet 接続して通信する信号データと光ファイバケーブルを伝達する光通信データを相互変換するメディアコンバータを内蔵すること。

(6) 水上調査ロボット本体とのインタフェース

① 水上調査ロボット本体上部後方に搭載できること。

② 電気的インタフェースは以下の条件とする。

(a) 電源インタフェース: DC24 V を水上調査ロボット本体側から供給、防水コネクタ取り合いとする

(b) 信号インタフェース: Ethernet、RJ45 防水コネクタ取り合いとする

(7) 防水性能

① 水上を航行するロボットの上部に搭載して運用するのに必要な防水機能を有すること。

② 投入・回収時に一時的に水没(水深 1m 以内)する可能性を考慮すること。

③ 放水による水洗浄に耐えられること。

3.4.2 地上側メディアコンバータ

水上調査ロボットに搭載した長尺ケーブル処理装置から送り出される光ファイバケーブルを接続して、地上側の操作コンソールと LAN 接続するために信号変換を行うメディアコンバータを準備すること。

3.4.3 長尺ケーブル処理装置用プログラム

(1) 長尺ケーブル処理装置の制御および状態監視をするためのプログラムを製作すること。

(2) プログラムは別途製作する水上調査ロボットの操作コンソール(PC)にインストールできるようにすること。

(3) 水上調査ロボットの操作コンソール(PC)にインストールされているコンソールプログラムとのメモリ受け渡しにより以下のデータの送受信ができること。

・リール回転方向

・リール回転速度、ケーブル送り出し・巻き取り速度
・ケーブル送り出し量 (任意の位置で 0 リセットする)
・ケーブル処理装置へ/からのコマンド、設定値データ

3.4.4 信頼性

(1) 既に使用実績があるなど、できる限り信頼性の高い部品やソフトなどを組み込むものとすること。

3.4.5 安全性

(1) 一般産業機器と同等の安全性を有すること。

3.4.6 ヒューマンマシンインタフェース

(1) できる限り操作が容易であること。なお、必要に応じて受注者による操作指導、もしくはトレーニングを行うこと。
(2) 本体が直視できない場所から遠隔で操作ができること。
(3) サイトでの操作を考慮し、綿手袋の上からゴム手袋を 2 枚装着した状態で扱えること。
(4) 手で触れる可能性のある部位からはシャープエッジを排除すること。
(5) メンテナンス時や起動時などの作業性が良好なシステムとすること。

3.4.7 メンテナンス性

(1) 装置は、作業員によるメンテナンスを行えるようにすること。
(2) ボルトやナットなどの細かな部品を極力使用せず、容易に部品交換を行うことができ、以下を考慮の上、短時間での保守・補修が可能であること。
    ① 採用する部品については、可能な限り長納期品を使用せず、入手が容易かつ短納期品を選定すること。
    ② 日本の規格に準拠し、市販工具類で取扱えること。
(3) ケーブル処理装置およびケーブルは全面水洗浄が可能で、容易に洗浄水が抜ける形状とすること。
(4) 消耗品、故障が予測される部品類は重装備(ゴム手袋を装着した状態)の手作業で交換できること。

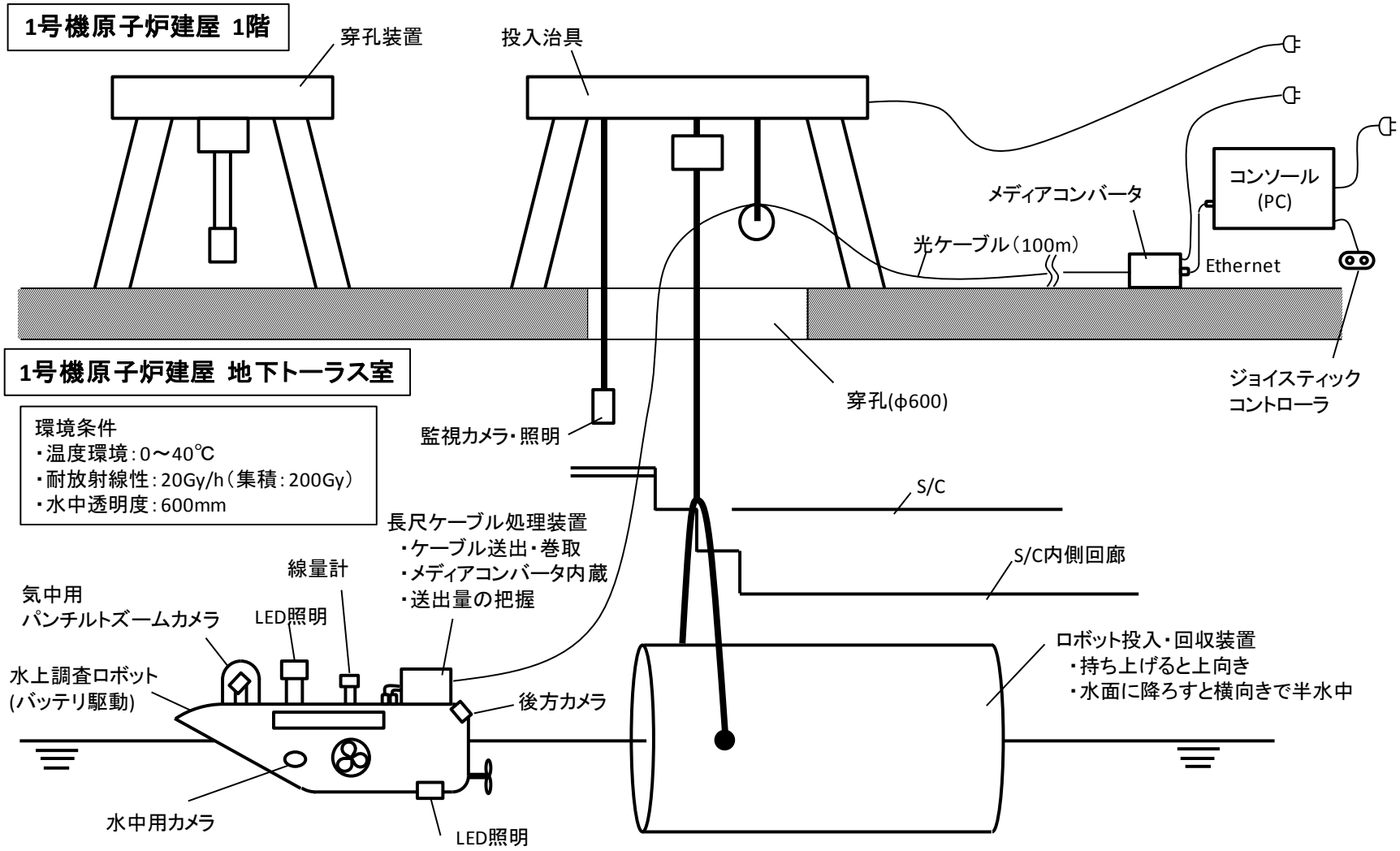

図 1 長尺ケーブル処理技術の実証試験コンフィギュレーション (計画)

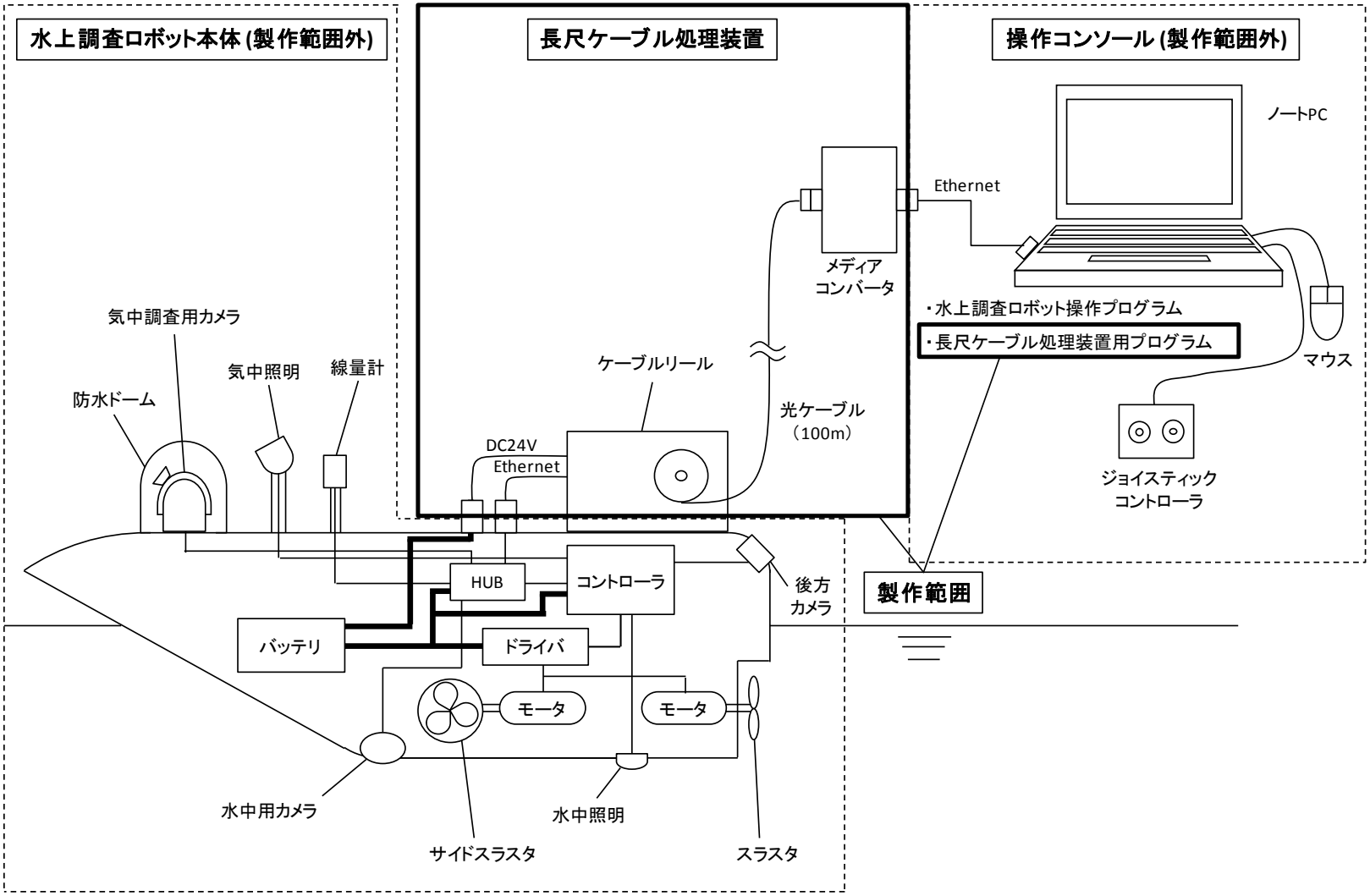

図 2 水上調査ロボットの構成 (計画)

3.5　装置インテグレーション支援

(1) 水上調査ロボットとのインテグレーション作業について技術支援を行うこと。

(2) 設計段階から水上調査ロボットの情報を共有し、後戻りのないよう努めること。

3.6　試験・検査

(1) 長尺ケーブル処理装置の機能・性能が妥当であることを確認するための試験・検査を行うこと。

(2) 事前に検査要領書を提出し、発注者の確認を得てから試験・検査を実施のこと。

(3) 単体での機能・性能を確認するために必要な試験設備は受注者が準備すること。

(4) 試験・検査仕様を表 1　試験・検査項目に示す。

3.7　輸送

(1) 納入品は試験・検査終了後、7 項の納入場所に輸送のこと。

3.8　組合せ試験支援

(1) 水上調査ロボットを製作するメーカが実施する水上調査ロボットと長尺ケーブル処理装置の組合せ試験について技術支援を行うこと。

表 1 試験・検査項目

No.	試験・検査項目	要領	判定基準	備考
1	外観検査	目視にて図面、図書と照合する。	変形、割れ、傷がないこと。 図面通りであること。	
2	員数検査	納入品明細書と照合する。	納入品明細書通りであること。	
3	寸法検査	図面に規定した寸法を実測する。	図面に規定した寸法が別途定める許容範囲内であること。	
4	単体試験	長尺ケーブル処理装置単体の機能・性能を確認する。	装置の機能・性能が要求を満たしていること。	
5	照射試験 (耐放射線性確認試験)	長尺ケーブル処理装置の電気品について、作動状態で照射試験を実施する。	実力値の把握のみ	受注者または発注者にて耐放射線性データを所有している場合は不要

4. 実施期間

委託契約日から、平成 25 年 8 月 21 日まで

ただし、製作品は水上調査ロボットとのインテグレーションのため、平成 25 年 6 月 21 日までに製作のこと。

5. 納入物

以下の物品を納入のこと。なお、3.5 項、3.6 項、3.7 項および 3.8 項に示す作業を含む。

(1) 長尺ケーブル処理装置 (ケーブル含む): 水上調査ロボット搭載用 2 式
照射試験用部分モデル 1 式 (必要に応じて)

(2) 長尺ケーブル処理装置用プログラム: 1 式

(3) 収納箱 (保管・輸送用): 1 式

(4) 予備品: 1 式

(5) 消耗品: 1 式

6. 提出図書

以下の図書を各 2 部提出のこと。また、最終的に図書を一括に収めた CD-ROM を 2 部提出のこと。

① 工程表
② 仕様書
③ 図面 (外形図、構造図、システム系統図など)
④ 機器設計仕様書
⑤ 試験・検査要領書
⑥ 試験・検査成績書
⑦ 取扱説明書
⑧ 納入品明細書
⑨ MSDS (必要に応じて)
⑩ エンジニアリングシート
⑪ 打合せ議事録

7. 納入場所

日立 GE ニュークリア・エナジー株式会社
日立事業所 臨海工場 BWR 予防保全技術センター
住所: 〒319-1221 茨城県日立市大みか町五丁目 2 番 2 号

8. 検収条件

試験の合格および納入物の受領をもって検収とする。

9. 特記事項

9.1 一般責任事項

本仕様に関わる一切の作業は、全ての工程において、十分な品質管理を行うこととする。

9.2 適用法規および規格

(1) 電気事業法 (2011 年)
(2) 原子力基本法 (2004 年)
(3) 核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律 (2011 年)
(4) 放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律 (2010 年)
(5) 労働安全衛生法 (2011 年)
(6) 労働基準法 (2008 年)
(7) 日本工業規格 (JIS)
(8) 日本電機工業会標準規格 (JEM)
(9) 日本電気規格調査会標準規格 (JEC)
(10) 日本電線工業会規格 (JCS)
(11) 国際標準化機構規格 (ISO)
(12) その他、関係する諸法令、規格・基準

9.3 確認事項

(1) 発注者と受注者の間で打合せを行った際には、受注者側で議事録を作成し、発注者および受注者双方の署名または押印を付し、各々1 部保有するものとする。議事録の提出がない場合は打合せの決定事項は発注者の解釈を有効とする。
(2) 発注者からの文書または口頭による質問事項に対しては速やかに回答するものとする。回答は文書によることを原則とするが、急を要する場合には口頭でも良いものとする。ただし、口頭により回答した場合は一週間以内に必ず文書にて提出するものとする。文書の提出がない場合は回答に対する発注者の解釈を有効とする。

9.4 保証およびアフターサービス

(1) 保証期間は検収後 1 年とする。保証期間内に受注者の責任と認められる故障または欠陥が生じた場合は、速やかに補修または新品との交換を行うこと。
(2) 製品納入後、不具合により改造または部品交換を行った場合の保証期間は、改造または部品交換を行った時点から再起算するものとする。
(3) 保証期間完了後であっても、発注者の要請により受注者は誠意を持ってアフターサービスを実施するものとする。

9.5　知的所有権

納入品またはその使用もしくは販売が第三者の知的所有権を侵害しないものであること。万一、侵害しているか、その恐れがある場合は、発注者へ速やかに通知するとともに、受注者の責任と負担において処理・解決すること。

9.6　その他条件

(1) 本事業は、国からの委託事業であることから、支払いに当たっての記録を保管する。
(2) 受注者は発注者と緊密な連絡を取りつつ設計・製作を行うこと。
(3) 受注者は、発注者から提示する検討資料、情報を本契約以外の目的で第三者に提供してはならない。
(4) 本仕様に関して疑義が生じた場合は、双方協議の上、発注者が指示するものとする。